

**Er1.4** Um conjunto cilindro-pistão é dotado de uma mola, conforme mostrado na Figura Er1.4. Quando o volume interno desse conjunto é nulo, a mola toca o pistão, mas não exerce nenhuma força sobre ele. Injeta-se ar nesse conjunto até que o seu volume atinja o valor de  $0,001 \text{ m}^3$ . Considerando que a área do pistão é igual a  $0,01 \text{ m}^2$ , que a pressão atmosférica é igual a  $100 \text{ kPa}$ , que o peso do pistão é igual a  $500 \text{ N}$ , e que a constante elástica da mola é igual a  $10000 \text{ N/m}$ , pede-se para calcular a pressão final do ar.

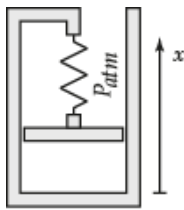


Figura Er1.4

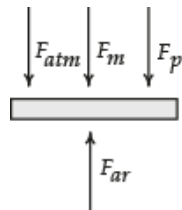


Figura Er1.4-a

**Solução**

- a) Dados e considerações
- Fluido: ar. Volume final:  $0,001 \text{ m}^3$ .
  - Área do pistão:  $A = 0,01 \text{ m}^2$ . Peso do pistão:  $F_p = 500 \text{ N}$ .
  - Constante da mola:  $k = 10000 \text{ N/m}$ ;  $p_{atm} = 100 \text{ kPa}$ .
  - Sistema adotado: pistão.
- b) Análise e cálculos
- Análise de forças agindo no pistão
- O conjunto das forças que agem no pistão encontra-se indicado na Figura Er1.4-a. Tais forças são:
- $F_m$  = módulo da força aplicada no pistão pela mola.
- $F_p$  = módulo da força peso do pistão.
- $F_{ar}$  = módulo da força aplicada ao pistão devida a  $p_{ar}$ , pressão absoluta do ar presente no interior do conjunto cilindro-pistão.
- $F_{atm}$  = módulo da força, devida a  $p_{atm}$ , aplicada ao pistão.
- Como o pistão encontra-se em equilíbrio, vem:  $F_{ar} = F_{atm} + F_p + F_m$

- Determinação de  $F_{atm}$ :  $F_{atm} = A_p p_{atm}$  onde  $A_p$  é a área do pistão e  $p_{atm}$  é a pressão atmosférica.

$$F_{atm} = 0,01 \cdot 100000 = 1000 \text{ N}$$

- Determinação de  $F_p$
- Do enunciado, vem:  $F_p = 500 \text{ N}$

- Determinação da  $F_{ar}$
- $$F_{ar} = A_p p_{ar}; F_{ar} = 0,01 p_{ar}$$

- Determinação de  $F_m$ :  $F_m = kx$  onde  $k$  é a constante de elasticidade da mola e  $x$  é o deslocamento da extremidade da mola medido segundo a orientação do eixo  $x$  indicado na Figura Er1.4.

Para determinar o valor de  $F_m$ , é necessário conhecer o valor de  $x$ . O enunciado nos informa que o volume inicial é nulo e que o volume final do ar é igual a  $0,001 \text{ m}^3$ . Como, quando o volume é nulo, a mola toca, mas não exerce nenhuma força sobre o pistão, temos:

$$x = \frac{V}{A_p} \Rightarrow x = 0,1 \text{ m}$$

Então:  $F_m = 10000 \cdot 0,1 = 1000 \text{ N}$

- c) Cálculo da pressão do ar
- Voltando ao equilíbrio de forças:

$$F_{ar} = F_{atm} + F_p + F_m$$

Substituindo os valores calculados nesta equação, tem-se que a pressão do ar será:

$$0,01 p_{ar} = 1000 + 500 + 1000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_{ar} = 250000 \text{ Pa} = 250 \text{ kPa}$$